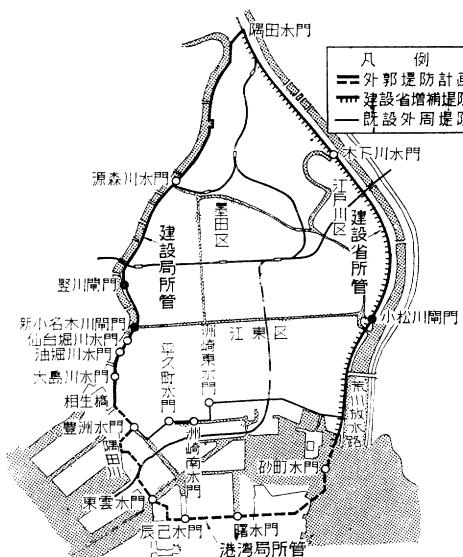


1 あらまし

東京都の江東方面は、東京湾に直結した埋立工業生産地帯であるが、いわゆる Orl 地帶に位置し、今なお地盤沈下が続いている。高潮被害が最も嚴重されている。東京都は毎年、重点施策として、低地防災対策を取りあげ、これを推進しているが、東京高潮対策全体計画は、護岸・堤防の修築延長は 220 km におよび、その改修費は 500 億円を必要とする大規模なものである。

この全体計画のうち、隅田川（荒川）以東、荒川放水路に至る、いわゆる江東三角地帯を囲繞する外郭堤防修築工事は、昭和 32 年度に着工され、昭和 38 年度には、これが完成するはこびとなつた。この工事は、東京都の建設局（建設省所管）、港湾局（運輸省所管）と建設省関東地方建設局が施工を分担している。

図-1 東京高潮対策外郭堤防事業計画平面図



カット写真：運河の入口に建設された水門（手前は隅田川）

東京都の外郭堤防

関 口 助 之 亟

この外郭堤防によって、かこまれる地域は、江東、墨田の両区と、江戸川区の一部である。

2. 江東方面の実態

徳川開府以前、利根川の本流は埼玉県栗橋町付近から南流して、墨田区鐘ヶ淵で海にそいでいた。その後幕府の手によって利根川の流路を銚子に変え、江東方面の低湿地に瀬筋を掘り、軍用と開発から小名木川をはじめ、豊川や、大横川、北十間川などの運河を縦横に開削した。その間に埋立て、まず本所、深川が起立し、遂次ほかの広範な土地が造成され、現在におよんでいる。

東京都は、今後 10 カ年間に 678 万坪の埋立を計画している。この面積は、現在の江東区の全面積に匹敵する広範なものである。

この方面は地盤沈下のため高潮に対して、きわめて弱体であるが、三角地帯だけで 75 万人が住んでいる。商工業が繁華をきわめ、鉄鋼、機械、肥料、食糧品など基礎的工業が多く、その年工産額は 5000 億円（昭和 35 年末調べ）に達している。

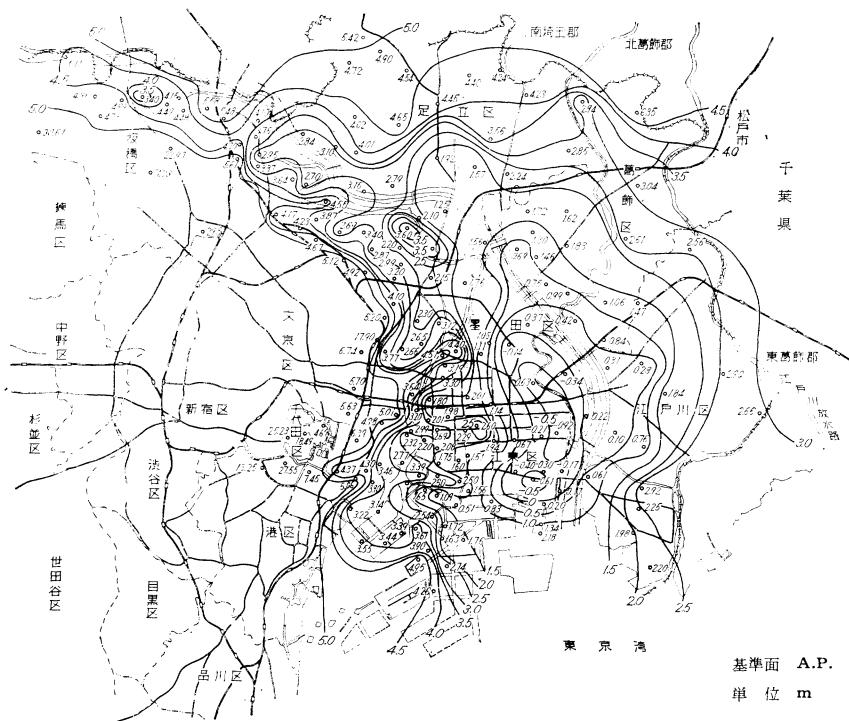
この地には、運河（感潮河川）が四通し、その延長は 100 km におよび、東京港が昭和 34 年に扱った全貨物、1357 万 t のうち、鉄鉱、石炭、木材など 300 万 t が、この運河を利用して搬入されている。

これら運河の堤防や護岸の天端高は年々かさ上げ工事を行なっているが、いずれも低く、昭和 24 年に当地を襲ったキティ台風の高潮（A.P.+3.15 m）に対抗できる程度であつて、大正 6 年の高潮（A.P.+4.21m）にはとても対抗できない。地盤がいちじるしく低いので、降雨水や、家庭汚水は、自然流下ができないので、すべてポンプによって排水されている。三角地帯の地盤は、すべて海面より低いのであるが、総武線平井駅付近など最干潮面より、さらに低い地域が 1.07 km² もある。

3. 地盤沈下

沈下の範囲は、東は千葉県界、北は埼玉県界におよび

図-2 堤防地盤高概況図 (1962年2月現在)



西は隅田川に至る 144 km^2 の地であるが、沈下の度合は遂次、北区、板橋区、川口市など城北方面に延びて いる。

最近 3~4 年の特長は、地表下 30~140 m 以下の、やや硬い第 4 級層は沈下しないものと信じられていたが予期に反し、この沈下量が地表全沈下量の 50% を占めていることが判明するによんで、底なしの沈下を思われる結果となり憂慮を増している。沈下の現象は明治時代に現われ、大正年代に本所、深川がいちじるしく沈下した。昭和 12~13 年頃が戦前の最高を示し、年間 10 cm 程度沈下したが、戦争が激烈となり、工場の活動がぶるにつれて沈下も減少し、昭和 20 年 3 月この地方が戦災を受けるによんで、沈下はまったくやみ、かえって隆起する所が現われた。昭和 25 年頃から、工場が復活するにつれて、また沈下がはじまり、34 年以降最盛期を迎える。昭和 36 年には、最大 20 cm 沈下する区域を見るに至った。

沈下の累計が最も多いのは江東区深川平井町で、大正 7 年に設置した石標が 36 年まで 44 年間に、3.531 m も沈下した。

沈下の原因は工業用水を地下水に求め、過度にこれを汲みあげるため地下水圧の減少をきたし、沖積層とそれ以下の軟弱地盤が収縮することによって、地表が沈下するのであるといわれている。さらに加えて、都市の発展

表-1 おもな水準点の沈下量 (昭和 36 年まで)

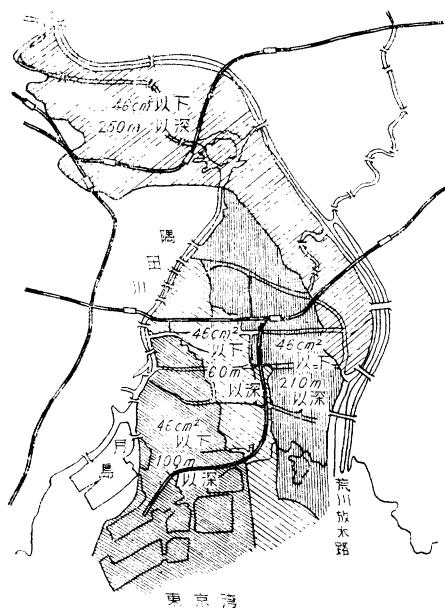
水準点番号	設置場所	設置年	沈下累計	36年内沈下量
9832	江東区深川平井町	大正 7 年	3.531 m	179.9 mm
9834	江東区北砂町	大正 7 年	3.115	185.8
3378	墨田区江東橋	明治 45 年	2.040	19.4
3377	江東区亀戸	明治 25 年	3.419	153.2
IV	足立区八千代町	明治 25 年	1.738	106.2
2002	足立区梅町	昭和 9 年	1.543	140.4
向 5	墨田区吾嬬町	昭和 10 年	2.546	92.5
3365	足立区千住仲町	明治 25 年	1.124	86.6

にともなって、地下水補給源の枯渇や、埋立事業による重圧などが悪条件となっていることは明らかである。

そこで東京都も、地下水汲みあげを規制すべく研究したのであるが、もともと東京は水源に乏しく、工業用水の原水が得られず放置の実状にあった。その後検討の結果、三河島、砂町両下水処理場の公共下水の処理水を還元水として、工業用水を配水することとなり、この工事を昭和 39 年度に完成を目指して、工業用水法(昭和 31 年 6 月 11 日法律第 146 号)にもとづいて通産省が、昭和 36 年 1 月 19 日地下水汲みあげの規制を行なった。この配水区域は、江東三角地帯と、荒川、足立両区のうち放水路以西の地とした。

規制の対照となる井戸の許可標準は、図-3 のとおり地域によって異なり、100~250 m 以深の水を汲むよう

図-3 政令指定地域と井戸許可基準



に定められ、揚水機の吐出断面積は 46 cm^2 (内径 75 mm) 以下であることが条件となっている。

これによって、現在 1 日 15 万 t の揚水を 5 万 t 程度に規制しようとするものであるが、現在では経過措置が続いているため実効は現われず、したがって、地盤沈下も減少していない。

4. 既往水害

江東方面は往時から、しばしば水害を受けているが、これを分類すると、台風がもたらす高潮、利根川水系の洪水、豪雨滯水、水門操作の誤りなどによって被害が発生している。

高潮被害に、大正 6 年 10 月 1 日 (潮位 A.P.+4.21 m) 昭和 24 年のキティ台風による高潮 (潮位 A.P.+3.15 m) がある。洪水による最近の被害は、昭和 22 年のか

しばしば起こる水害 (亀戸駅前の浸水)



サリン台風による利根川堤防欠損の災害がある。また豪雨被害には、昭和 33 年の 22 号台風の連続降雨 402 mm、1 時間降雨量 76 mm があり、それぞれ甚大な被害をもたらしている。最近の異水門の被害のように、水門操作の誤りで局地点浸水被害も発生している。

以上の災害のうち江東三角地帯にあっては、荒川放水路が完成している現在では、洪水による被害は、ほとんどなく、もっぱら高潮対策にしばられる。豪雨滯水被害に対しても、公共下水道計画によるポンプ場計画が実現すれば解決できる。

5. 外郭堤防修築工事

上述の諸条件を勘案して、外郭に堤防を建設することに決定した。この工事は東京高潮対策事業の一環として、隅田川 (荒川) 以東、荒川放水路に至る江東三角地帯の周囲に強固な堤防を建設し、各運河の入口には、それぞれ水門または閘門を設け、高潮来襲に備え、江東、墨田の両区と江戸川区の一部を高潮から守るものである。

この工事のうち、隅田川筋は建設省所管として東京都建設局が、南部の港湾区域は運輸省所管として都の港湾局が、それぞれ施工を分担し、荒川放水路右岸堤の増補工事は建設省関東地方建設局が施工している。

東京都建設局施工分は、護岸改修延長 9 km、水門 6 カ所であるが、昭和 37 年度をもって閘門装置を除いて暫定高で完成する。

東京都港湾局施工分は、堤防改修延長 8 km と水門 5 カ所であるが、昭和 38 年度完成目標に鋭意工事を進めている。

建設省直轄分は、河口から順次増補工事が進んでいるが、在來の土堤防もかなり立派なものがあり、昭和 39 年度完成を目指している。

(1) 外郭堤防様式の採用

この三角地帯は縦横に走る運河によって、約 30 の陸地に分割されている。これらの島々を小ブロックとして輪中式に堤防を造るとすれば、地盤が低いため改修護岸の天端が地面より 3 m も突出し、構造物が不安定であるばかりでなく、道路、橋梁の取りつけが困難となり、河川の接岸荷役ができなくなる。また水防線が 104 km と長く不得策である。また公共下水道の関係から見ても、その幹線管をポンプ場に導くため、運河をサイフォンによって各島を渡っているので、一つの島の浸水によって全体の機能を失なう危険が生ずる。

以上のようにブロック堤防方式にすると、工費が増大するなどの不利な点が多いため、一括、外郭堤防様式を採用し、早急に工事を完成することとした。

今後に残される問題は、外郭堤防内の排水施設である。

(2) 高潮位の検討

三角地帯の海岸堤防はもちろんのこと、運河はすべて感潮河川であるから、その構造物は高潮位に支配される。

元来、東京都の高潮対策は、大正6年の高潮を目標に施工されてきた。その観測潮位は月島において A.P.+4.21 m, 霊岸島において A.P.+4.12 m であった。しかし、昭和34年9月、名古屋方面を襲った伊勢湾台風の高潮が意外に高いので、東京の高潮対策も、これを勘案する必要にせまられ、この程度の規模をもつ台風を検討するに至った。

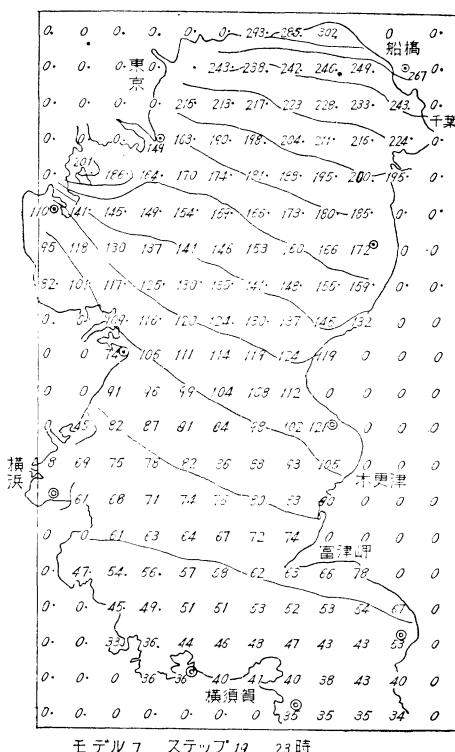
江東方面では、天体潮位(干満)、気象潮位(偏差)と波高のほかに、堤防建設後の地盤沈下と圧密沈下を考慮する必要がある。

天体潮位 港湾地域では、過去10カ年間の台風期の朔望平均満潮位を採用し A.P.+2.1 m とし、感潮河川もこれにあわせた。

気圧潮位(偏差) 伊勢湾台風が東京を襲った場合の偏差について、東京都は気象庁に依頼して協同調査を行

図-4

本図は、伊勢湾台風が、大正6年の台風の経路できた場合(モデル7) 東京湾に起こると推定される偏差を cm 単位をもって示したものである。この計算値では、最大値が湾奥の稻毛方面に起こり、その値は 302 cm を示している。
(東京湾高潮の総合調査報告書付図 51 ページ抜き、気象庁、東京都協同調査)



なった。

これによると、大正6年の台風とキティ台風の進路に伊勢湾台風の規模の数字を組合せて、10とおりの台風を想定して種々検討した結果、伊勢湾台風が大正6年の台風経路にのった場合が最大の偏差を示し、東京湾の奥、千葉県船橋方面で最大 3.02 m となることが報告された。よって、東京での偏差は経済効果などを勘案して 3 m と決定した。

波高 最大風速 40 m/sec, 対岸距離 40 km(千葉県富津岬)として計算すると、いずれの公式からも 2.2~2.8 m が算出されたので、最高を 3 m とし、前面に陸地があるか、または埋立計画がある場所は、これをてい減することとした。

このほか堤防下の圧密沈下と地盤沈下を加味して、堤防天端施工高を表-2 のとおり決定した。

表-2 堤防、護岸計画天端高一覧表

(単位 A.P.+m)

河川名	区域	潮位 m	偏差 m	波高 m	維持高 A.P.m	施工高 A.P.m
荒川 (隅田川)	相生橋～大島川水門	2.10	3.00	1.20	6.30	6.50
	大島川水門～源森川水門	2.10	3.00	1.20	6.30	5.50 (暫定)
	源森川水門			0.90	6.00	5.00 (暫定)
	隅田川水門					
江東地区	相生橋～船溜			1.20	6.30	6.40
	船溜～豊洲水門			1.20	6.30	6.80
	豊洲陸上部			0.50	5.60	6.30
	豊洲臨海部			1.20	6.30	6.80
	東雲陸上部	2.10	3.00	0.50	5.60	6.30
	11号地			0.50	5.60	6.80
	7号地辰巳地区			0.50	5.60	7.80
	7号地			0.50	5.60	6.80
	14号地あけぼの地区			0.50	5.60	7.80
	同砂町水門まで			0.50	5.60	6.80
荒川放水路	放水路末端			2.90	8.00	8.00
荒川放水路	放水路右岸					8.00

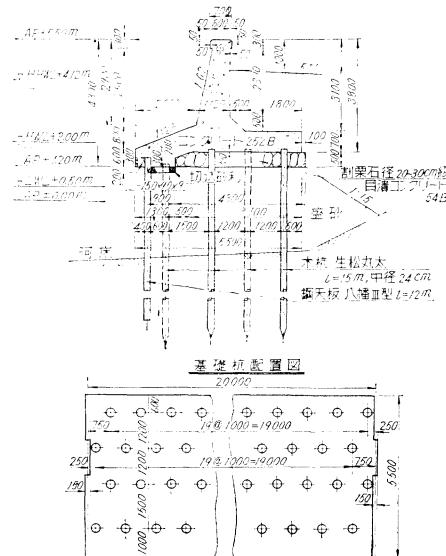
(3) 護岸

ここには、東京都建設局が施工したもののみを記載する。相生橋から隅田水門に至る 9 km にわたる護岸をほぼ完成したが、その構造は図-5, 6 のとおりである。その天端高は A.P.+5.0 m と A.P.+5.5 m の暫定高をもって完成した。

木ぐいの支持力は載荷試験によって確かめたが、1本あたり 15~25 t を得た。これは設計支持力 7 t の2倍以上であったから、安全であると認定した。型わくはすべてメタルフォームを使用し、生コンクリート($\sigma_{28}=250$ kg/cm²)を使用した。

特に河床が深い所や、高速道路などの構造物に隣接して築造する基礎には不等沈下にそなえ、H鋼ぐいを使った。鉄筋量は φ16 mm 筋を主とし、1 m あたり 285 kg であった。1 m あたりの単価は、木ぐい(15 m)打ちの

図-5 木ぐい使用護岸断面図
(大島川水門～堅川水門)



もの 32 万円、H ぐいの場合（長 12~15 m）29~35 万円、同（ぐい長 20~30 m）で 37~48 万円を要した。

(4) 水門

現在までに 7 水門を完成しているが、そのうち豊洲水門は港湾局が施工した。基礎構造について種々検討を加えたが、水門の周囲は家屋が密集している場所であるので周囲の地盤をゆるめることなく、確実に沈設でき、しかも深度が A.P.-30 m 前後であるから、ニューマチック ケーソン工法が最適であるとの結論に達したのでこれを採用した。

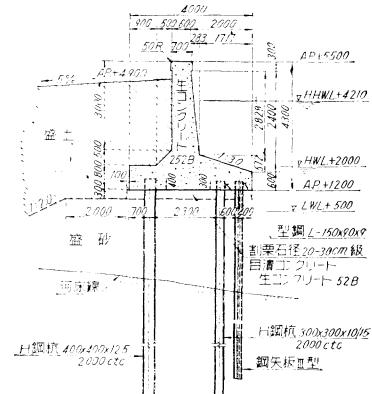
表-3

水門名	径間(m)	敷高(A.P.m)	ケーソン深度(A.P.m)	ケーンソングート長幅(m)	ゲート下端(A.P.m)	最終地耐力(t/m ²)	最終地層
大島川	11 m 2連	-2.0	-28.0	31.9×25.5×9	5.5	140.0	砂礫層
油堀川	11 m 1連	-1.7	-28.0	16.4×25.8×9	5.5	250.0	"
仙台堀川	11 m 2連	-2.0	-28.0	31.9×25.5×9	5.5	258.0	"
新小名木川	11 m 3連	-2.3	-31.0	{ 16.4×28.2×9.4 31.9×28.2×9.0 }	5.5	200.0	"
堅川	11 m 2連	-2.0	-32.0	31.9×29.5×9.0	5.5	246.9	"
源森川	11 m 1連	-2.0	-17.5	16.4×15.0×9	5.5	140.0	"
豊洲	18 m 2連	-3.0	-30.0	47.0×26.5×12	6.0	150.0	"

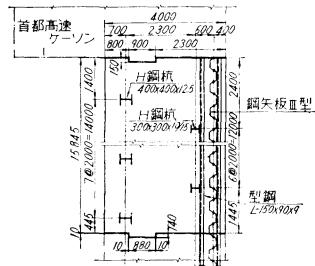
【説明】

- (1) 地耐力は 140 t/m² 以上であって設計荷重 40 t/m² をかなり上まわった。
- (2) 源森川水門の基礎地盤は（-）6.3 m で砂利層に達したが水平荷重を考え（-）17.5 m まで沈下した。
- (3) ケーソンの1回打ちコンクリート量を 400~800 m³ と定め、生コンクリートを連続打設した。
- (4) ケーソンは1日に平均 40 cm ずつ沈下した。
- (5) 送気の最大は、大島川水門の 32 #/m² (1 kg/cm²=0.070 31 #/in²) であった。また特長として、各水門ともケーソンの下端が最終沈設位置に近づき、砂利層に達すると送気の必要がない程度に低下した。これは深部の水圧が理論水圧と一致せず、途中の地層によって絶縁されているもようである。
- (6) ケーソン病の重傷者はでなかった。
- (7) ケーソンの掘削歩掛りは各水門によって異なるが、最低 0.52 人/m³、最高 0.83 人/m³ であった。

図-6 H ぐい使用護岸断面図
(堅川水門～源森川水門)



鋼矢板および鋼ぐい配置図



またゲートは運転が確実で、修繕、検査の便利、逆水圧に耐えるなどの利点から、多少高価ではあるが鋼製引上ゲートとした。

径間は 250 t 積はしけの幅 7 m とこの地方特有のイカダ（最長 230 m）を勘案して 11 m とした。豊洲水門は港湾地域でもあり、船も大型化すので 18 m とした。基礎構造は表-3 のとおりである。

表-4 水門装備

水門名	門扉形式	速	ゲート寸法 幅m 高m	揚程 (m)	巻上げ時間 (min)	エンジン (ps)	発電機 (kVA)	電動機 kW
大島川水門	鋼製ローラー ゲート 複胴ワイヤーロープ巻取式	2	11.0×7.5	7.5	15	80	40	5.5×2
油堀川	同 上	1	11.0×7.2	7.2	15			5.5
仙台堀川	同 上	2	11.0×7.5	7.5	15	90	60	5.5×2
新小名木川	鋼製ローラー ゲート チェーン巻取式	3	11.0×7.5	7.8	5	160	125	15×3
豊川	鋼製ローラー ゲート 複胴ワイヤーロープ巻取式	2	11.0×7.5	7.5	5	100	80	10×2
源森川	同 上	1	11.0×7.5	7.5	15	50	30	5.5

【説明】

(1) 小名木川と豊川水門は将来、閘門計画があるので巻上げ速度を早めた。

(2) 動力源は商用電源と自家発電である。

(3) 操作の調子は順調である。

6. むすび

東京都の江東方面は、毎年多かれ少なかれ水害をひき起こしている。これは土地が低いのに加えて、地盤沈下という悪条件が加わっているため、思いがけないところから事故が発生している。江東三角地帯のみならず、東京都全域の高潮対策事業を促進して、民生の安定をはか

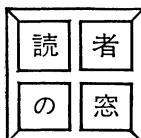
り、もって健全な生産都市の現出を期することこそ、急務中の急務であると確信し、鋭意工事を進めている。

参考文献

1) 東京湾高潮の総合調査報告書(気象庁、東京都協同調査)

〔筆者: 東京都建設局河川部長〕

(1962. 10. 16. 受付)

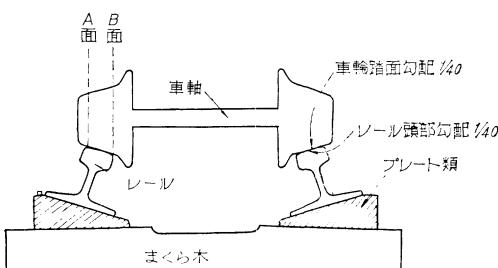


質議応答

質問: 土木学会誌第47卷第6号 p. 48 所載に関し下記の点をおたずね

します。

① p. 48 第10項末尾に“車輪タイヤ踏面の勾配1/40に合わせてレールも1/40に傾斜させる”とあります。その意味は多分次図のようなものと受取ります。



② この場合車輪踏面にA,B面を考えると踏面A部は踏面B部より回転走行距離がいくぶん短かい。したがってA部はレール面に対して滑走するはずである。これは相当な走行抵抗を来たすであろう。

③ 特に新品レールでなく相当減ったレール頭では、A,B間はレール頭を密着してなおさら走行抵抗が増すと思う。

④ すなわち上記のごとく「転り」でない滑走も考慮

の上その走行抵抗および摩耗も取るに足らぬと判断されたのかどうか、おたずねします。〔正員 札幌市 今井芳雄〕

回答: 1. レール敷設傾斜およびタイヤ踏面勾配1/40とはご質問のとおりの意味であります。

2. ご質問の②③についてもご意見のとおりのこととも考えられます。

3. しかしレール敷設傾斜とタイヤ踏面勾配とを等しくするということは、すでに各国で経験済みであり、フランスなどでは、レール1/20、タイヤ1/20で10年以上経過しておりますが、ご質問のようなことで問題になったことはないと思います。

4. 各国のタイヤ踏面勾配、レール敷設傾斜は、0から1/20まで種々あり、国鉄現在線ではタイヤは1/20、レールは0および1/40となっておりますが、レールとタイヤの接触平面形は、タイヤおよびレールの摩耗状態によって大いに異なり、ご質問のような事柄は、タイヤ踏面勾配とレール敷設傾斜が異なる場合にも同様に問題になるものと思われます。

5. さいわい新幹線では、レール、タイヤとも新品で走りはじめ、タイヤおよびレールの摩耗経過も一応推定できますので、列車の蛇行動防止を主眼点として、タイヤ踏面勾配1/40、レール敷設傾斜1/40、レール頭頂面R600mmをとりました。

〔国鉄新幹線総局作業局土木部軌道課長 松原健太郎〕